

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-129381

(43)Date of publication of application : 09.05.2000

(51)Int.Cl.

C22C 19/05
C30B 29/52

(21)Application number : 10-309650

(71)Applicant : ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.10.1998

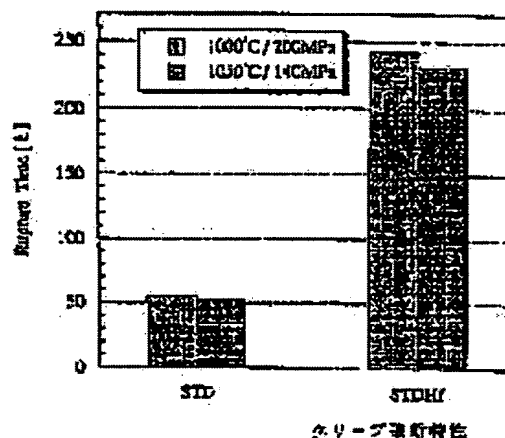
(72)Inventor : OI SHIGETO
NISHIGORI SADAQ
MASAKI AKITATSU

(54) NICKEL-BASE SINGLE CRYSTAL SUPERALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nickel-base single crystal superalloy capable of raising the melting point and improving heat resistance such as creep rupture strength by adding hafnium whose addition as strengthening element in large amounts is unprecedented.

SOLUTION: This alloy has a composition consisting of, by weight, 2-7% rhenium, 0.5-5.0% molybdenum, 2.0-6.0% tungsten, 0-5.0% chromium, 3.0-6.0% aluminum, 3.0-8.0% tantalum, >0-5.0% hafnium, and the balance nickel with incidental impurities. By the addition of hafnium in an amount ranging from >0 to 5.0 wt.%, particularly in a large amount ranging from 0.15 to 5.0 wt.%, the melting point can be raised and also solid-solution strengthening can be attained, and heat resistance such as creep rupture strength can be improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

NOTICES

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Rhenium: Nickel radical single crystal superalloy characterized by consisting of 2 - 7 % of the weight, molybdenum:0.5-5.0 % of the weight, tungsten:2.0-6.0 % of the weight, chromium:0-5.0 % of the weight, aluminum:3.0-6.0 % of the weight, tantalum:3.0-8.0 % of the weight, hafnium:0<-5.0 % of the weight, and the nickel and the accidental impurity of the remainder.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About nickel radical single crystal superalloy, this invention adds a hafnium and aims at heat-resistant improvement.

[0002]

[Description of the Prior Art] As an ingredient used for those as which the thermal resistance to high temperature is required, such as a turbine blade of a gas turbine engine, and a vane, the nickel base superalloy is known from the former.

[0003] As this nickel radical single crystal superalloy, as the 1st generation, conventionally A tungsten, By developing what heavy elements, such as molybdenum and a tantalum, were added [what] and raised the reinforcement in a grain, and adding a rhenium 2.8 to 3.2% of the weight as nickel radical single crystal superalloy of the second generation further Compared with the thing of the 1st generation, an usable thing is developed and it is commercially known for temperature high about 25 degrees C as CMSX-4 alloy of U.S. canon MUSUKEGON.

[0004] Moreover, development of the thing of the further excellent third generation is performed from the nickel radical single crystal superalloy of the second generation, and the nickel radical single crystal superalloy which has improved the mechanical property by making [more] the content total amount of the tungsten + rhenium + molybdenum + tantalum which is a fireproof element is indicated by JP,7-138683,A.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, much more improvement in the engine performance to the heat-resistant temperature of a configuration member is indispensable to improvement in the engine performance of a gas turbine engine, and much more improvement in the creep-rupture reinforcement which is one of the properties about thermal resistance has been a technical problem especially.

[0006] The melting point is gone up by adding so much the hafnium which was made in order that this invention might solve the technical problem which this conventional technique has, and does not have the example added so much as a strengthening element until now, and it is going to offer the nickel radical single crystal superalloy which can aim at heat-resistant improvement, such as creep-rupture reinforcement.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Nickel radical single crystal superalloy is gamma-phase [which is the matrix which consists of nickel], and a gamma'phase (it consists of nickel 3 (aluminum and Ti).) which consists of an intermetallic compound of an alloy element.

[0008] The invention in this application is completed by it turning out that the high temperature strength of gamma'phase improves remarkably, and adding a lot of hafniums to nickel radical single crystal superalloy by adding the hafnium with which addition is disliked for a reaction with mold arising until now etc., by research of the intermetallic-compound simple substance of gamma'phase which constitutes such nickel radical single crystal superalloy.

[0009] in order [namely,] to solve the technical problem which the above-mentioned conventional technique has -- the nickel radical single crystal superalloy of this invention -- rhenium:2-7 % of the weight, molybdenum:0.5-5.0 % of the weight, and tungsten: -- 2.0 - 6.0 % of the weight, chromium:0-5.0 % of the weight, aluminum:3.0-6.0 % of the weight, and tantalum: -- it is characterized by consisting of 3.0 - 8.0 % of the weight, hafnium:0<-5.0 % of the weight, and the nickel and the accidental impurity of the remainder.

[0010] According to this nickel radical single crystal superalloy, while the melting point rises a hafnium by the range of 0<-5.0 % of the weight, especially 0.15 - 5.0% of the weight of a lot of addition, solid solution strengthening is attained and improvement in heat-resistant properties, such as creep-rupture reinforcement, can be aimed at.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of 1 operation of the nickel radical single crystal superalloy of this invention is explained to a detail.

[0012] this nickel radical single crystal superalloy -- rhenium:2-7 % of the weight, molybdenum:0.5-5.0 % of the weight, and tungsten: -- 2.0 - 6.0 % of the weight, chromium:0-5.0 % of the weight, aluminum:3.0-6.0 % of the weight, and tantalum: -- it consists of 3.0 - 8.0 % of the weight, hafnium:0<-5.0 % of the weight, and the nickel and the accidental impurity of the remainder.

[0013] When each of the alloying element of this nickel radical single crystal superalloy is explained, a rhenium is contained two to 7% of the weight first. While solid solution strengthening is made by addition of this rhenium, effectiveness is to raise melting initiation temperature.

[0014] Molybdenum is contained 0.5 to 5.0% of the weight. A rhenium is not effective although solid solution strengthening is made by addition of this molybdenum.

[0015] A tungsten is contained 2.0 to 6.0% of the weight. While solid solution strengthening is made by addition of this tungsten, by it, it contributes to strengthening of gamma primary phase. Moreover, effectiveness is to raise the melting initiation temperature of an alloy.

[0016] Chromium is an arbitration alloying element and is contained zero to 5.0% of the weight. By addition of this chromium, it contributes to the improvement in elevated-temperature-proof corrosive.

[0017] Aluminum is contained 3.0 to 6.0% of the weight. This aluminum is main elements which constitute gamma primary phase, and oxidation resistance and precipitation strengthening are made by addition of this aluminum.

[0018] A tantalum is contained 3.0 to 8.0% of the weight. Solid solution strengthening is made by addition of this tantalum.

[0019] A hafnium is contained 0<- 5.0% of the weight, and is 0.15 - 5.0 % of the weight preferably. This hafnium is added so much

compared with old nickel radical single crystal superalloy, and solid solution strengthening is attained by these the addition of a lot of. [0020] With the one direction coagulation alloy, this hafnium is added in order to prevent the intercrystalline crack produced in the cooling process after the completion of coagulation, and it is thought that strengthening of some of gamma' phase itself is made. [0021] The remaining part of the alloying element of this nickel radical single crystal superalloy consists of nickel and an accidental impurity. This accidental impurity enters in a industrial manufacture process, and that amount of mixing should be stopped as much as possible.

[0022] The nickel radical single crystal superalloy which consists of such an alloying element can be obtained by single-crystal-izing this with mold etc. using the melting stock beforehand ingoted to the target system, and the component analysis result after single-crystal[which was obtained]-izing is also checking that the thing as a target system is obtained. Moreover, although a prototype was built for this single crystal-ization using the large-sized furnace of industrial level, especially the problem on a prototype was not produced about single-crystal-izing and fluidity.

[0023] In this way, the nickel radical single crystal superalloy obtained In order that many molybdenum, rheniums, tungstens, etc. dissolving, especially single crystal-ization may control a temperature gradient and a coagulation rate by the dendrite solidification range, There is a difference in that solidifying segregation is not avoided and the segregation coefficient in a solid-liquid interface with an alloy element. Since a remarkable concentration gradient arises on the outskirts of the last coagulation section within a dendrite, using diffusion of a component element, solution-ization by a setup of a suitable programming rate or holding-time setup is performed on a multistage story, and solution treatment in the maximum elevated-temperature temperature is performed. For example, they are 20 degrees C / min about a temperature up and a temperature fall rate at single crystal material with casting. What is necessary is to carry out and just to set up the solution treatment conditions in the maximum elevated-temperature temperature in 1340 degrees C and 3 hours.

[0024] Moreover, aging treatment is performed after solution treatment if needed. For example, 1080 degrees C and aging treatment of 4 hours are performed after the above-mentioned solution treatment.

[0025] Compared with what does not add a hafnium in a 600-1000-degree C elevated temperature tensile test in such nickel radical single crystal superalloy, an improvement effect is remarkable and it is 1000 degree-C/200MPa. And 1050 degree-C/140MPa The remarkable effectiveness by hafnium addition was accepted also in the creep rupture test.

[0026] Moreover, in measurement of Young's modulus, it was a value comparable as the nickel radical single crystal superalloy of the second generation.

[0027] As mentioned above, while according to this nickel radical single crystal superalloy solid solution strengthening is attained by abundant addition of a hafnium and the melting point rises by it, improvement in heat-resistant properties, such as creep-rupture reinforcement, can be aimed at.

[0028] Therefore, much more improvement in the engine performance can be aimed at by using this nickel radical single crystal superalloy as ingredients with which the thermal resistance to high temperature is demanded, such as a turbine blade of a gas turbine engine, and a vane.

[0029]

[Example] Hereafter, although one example of the nickel radical single crystal superalloy of this invention is explained with the example of a comparison, this invention is not limited to these examples at all.

[0030] Except that the hafnium was not added the example (STDHf) of a target system shown in Table 1 as nickel radical single crystal superalloy of this invention, and for the comparison, the thing of the same target system was prepared as an example (STD) of a comparison.

[0031] 10kg beforehand ingoted about the superalloy of an example (STDHf) and each example (STD) of a comparison The mold of the 13mm phi x 100mm round bar performed single crystal-ization using the melting stock.

[0032] And as it analyzed about the chemical entity after single-crystal-izing and was shown in Table 1, it checked that it was a chemical entity as a target mostly.

[0033]

[Table 1]

合金の化学成分 (wt%)

合金 番号		C	Mo	W	Ta	Re	Ti	Al	Si	Hf	Ni
STD	目標値	<0.01	1.00	<4.80	6.00	<6.00	0.50	5.30			Bal.
	分析値	0.006	1.04	4.28	6.52	5.38	0.58	5.49			Bal.
STDHf	目標値	<0.01	1.00	<4.80	6.00	<6.00	0.50	5.30		2.00	Bal.
	分析値	0.007	1.01	4.66	6.17	5.90	0.52	5.39		1.92	Bal.

[0034] In this way, in the case of the example of a comparison, as solution treatment temperature using differential thermal analysis is presumed and single crystal material with obtained casting is shown in drawing 1 as the result, they are 20 degrees C / min about each of temperature ups and temperature fall rates. It carried out.

[0035] Moreover, although the illustration abbreviation was carried out as a result of gazing at the microstructure of single crystal material with casting, solidifying segregation was shown and the dendrite core was accepted clearly.

[0036] And in view of the solution treatment conditions in the maximum elevated-temperature temperature, it set to the differential-thermal-analysis result, the observation result of a microstructure, etc. in 1340 degrees C and 3 hours.

[0037] Consequently, although the illustration abbreviation was carried out, the good solution-ized organization where eutectic gamma/gamma' dissolved completely was obtained.

[0038] In addition, with the hafnium add-in material of an example, what carries out liquation was seen about some samples the process until it completes the solution treatment in the maximum elevated-temperature temperature.

[0039] Furthermore, 1080 degrees C and aging treatment of 4 hours were performed after this solution treatment.

[0040] In this way, about the example and the example of a comparison which were acquired, the elevated temperature tensile test, the

creep rupture test, and the measurement trial of Young's modulus were performed for characterization.

[0041] It is drawing 2 which showed the result of an elevated temperature tensile test, and it is clear from this drawing -- as -- the range to 600-1000 degrees C -- it turns out that it is and the elevated-temperature tractive characteristics of the example of hafnium addition are remarkably improved compared with the example of a comparison.

[0042] Moreover, 1000 degree-C/200MPa And 1050 degree-C/140MPa It is drawing 3 which showed the creep rupture test result, and compared with the example of a comparison, it is improved remarkably and the creep rupture time of the example of hafnium addition is improved also 4 to 4.6 times so that clearly from this drawing.

[0043] Since the improvement of an elevated-temperature property was accepted by addition of a hafnium also in the single crystal alloy with which a grain boundary does not exist from these elevated temperature tensile tests and a creep rupture test result, hafnium addition is guessed that possibility of having contributed to strengthening of the gamma' phase itself is high.

[0044] As a measurement trial of Young's modulus, a room temperature (RT), 900, and the Young's modulus of 1000 or 1100 degrees C were measured, and the result was shown in drawing 4.

[0045] In addition, it asked for measurement of Young's modulus with the resonance method using the sample with the thickness of 2mm, a width of face [of 10mm], and a die length of 100mm with the internal-friction measuring device made from vacuum science and engineering.

[0046] Consequently, although the Young's modulus of the example of a comparison and an example is almost equivalent and that absolute value also showed the lower value in the room temperature as compared with the value of the nickel radical single crystal superalloy of the second generation, in 600-1100 degrees C showed the high value rather.

[0047]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as concretely explained with the gestalt of 1 operation, while the melting point rises a hafnium by the range of 0<-5.0 % of the weight, especially 0.15 - 5.0% of the weight of a lot of addition according to the nickel radical single crystal superalloy of this invention, solid solution strengthening is attained and improvement in heat-resistant properties, such as creep-rupture reinforcement, can be aimed at.

[0048] Therefore, much more improvement in the engine performance can be aimed at by using this nickel radical single crystal superalloy as ingredients with which the thermal resistance to high temperature is demanded, such as a turbine blade of a gas turbine engine, and a vane.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the graph which shows the differential-thermal-analysis result of the nickel radical single crystal superalloy of the example of a comparison which does not add a hafnium.

[Drawing 2] It is the graph which shows the elevated temperature tensile test result of one example of the nickel radical single crystal superalloy of this invention.

[Drawing 3] It is the graph which shows the creep rupture test result of one example of the nickel radical single crystal superalloy of this invention.

[Drawing 4] It is the graph which shows the Young's modulus measurement test result of one example of the nickel radical single crystal superalloy of this invention.

[Description of Notations]

STDHf Example (hafnium addition)

STD Example of a comparison (hafnium addition is not carried out)

[Translation done.]

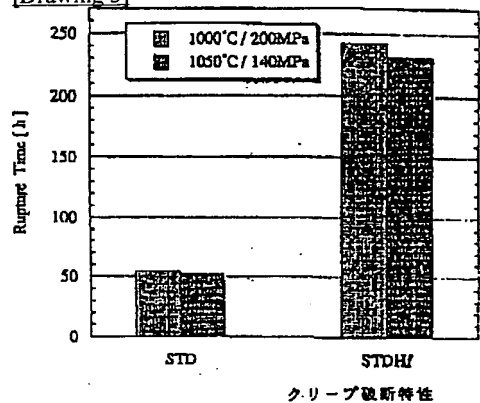
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

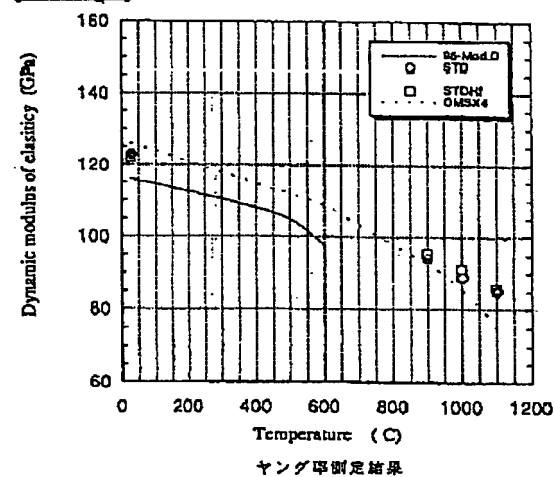
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

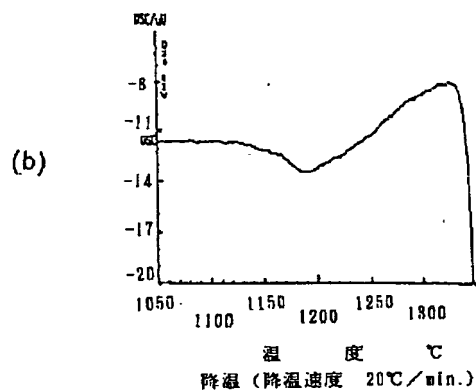
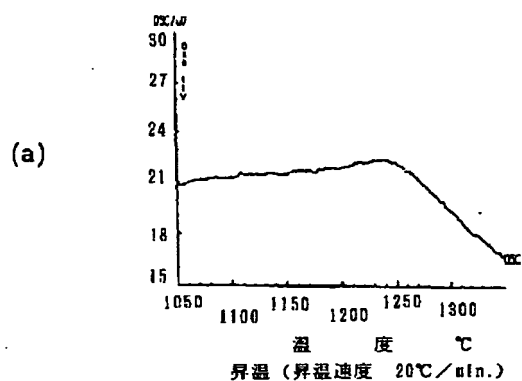
[Drawing 3]



[Drawing 4]

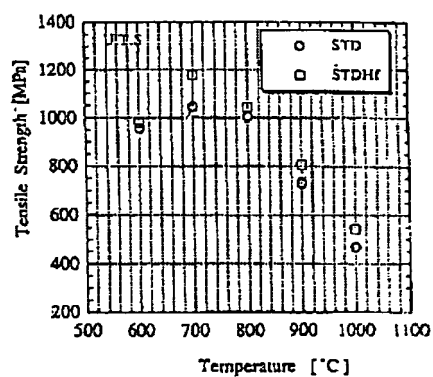
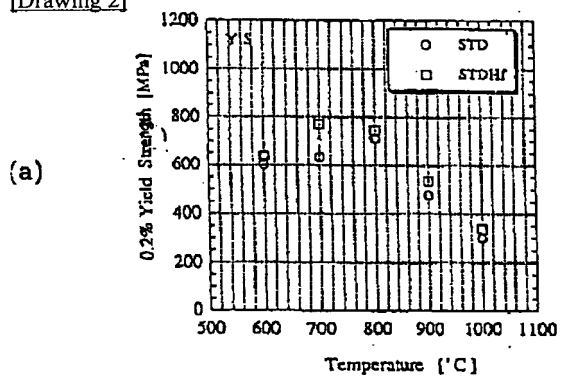


[Drawing 1]



示差熱分析結果

[Drawing 2]



高温引張試験結果

[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-129381

(43)Date of publication of application : 09.05.2000

(51)Int.Cl.

C22C 19/05
C30B 29/52

(21)Application number : 10-309650

(71)Applicant : ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO
LTD

(22)Date of filing : 30.10.1998

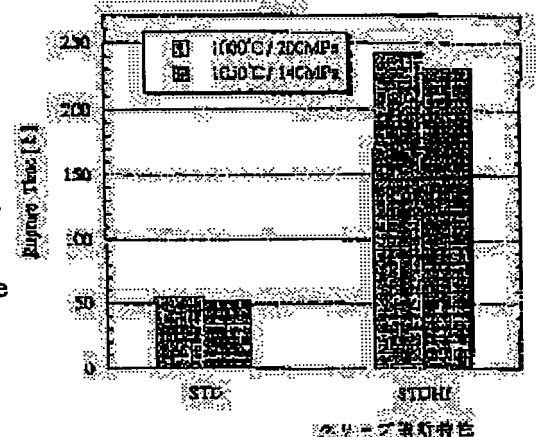
(72)Inventor : OI SHIGETO
NISHIGORI SADA
MASAKI AKITATSU

(54) NICKEL-BASE SINGLE CRYSTAL SUPERALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nickel-base single crystal superalloy capable of raising the melting point and improving heat resistance such as creep rupture strength by adding hafnium whose addition as strengthening element in large amounts is unprecedented.

SOLUTION: This alloy has a composition consisting of, by weight, 2-7% rhenium, 0.5-5.0% molybdenum, 2.0-6.0% tungsten, 0-5.0% chromium, 3.0-6.0% aluminum, 3.0-8.0% tantalum, >0-5.0% hafnium, and the balance nickel with incidental impurities. By the addition of hafnium in an amount ranging from >0 to 5.0 wt.%, particularly in a large amount ranging from 0.15 to 5.0 wt.%, the melting point can be raised and also solid-solution strengthening can be attained, and heat resistance such as creep rupture strength can be improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-129381
(P2000-129381A)

(43) 公開日 平成12年5月9日 (2000.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テコード (参考)
C 2 2 C 19/05		C 2 2 C 19/05	C 4 G 0 7 7
C 3 0 B 29/52		C 3 0 B 29/52	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-309650

(22) 出願日 平成10年10月30日 (1998. 10. 30)

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号

(72) 発明者 大井 成人

東京都田無市向台町三丁目 5 番 1 号 石川

島播磨重工業株式会社田無工場内

(72) 発明者 錦織 貞郎

東京都江東区豊洲三丁目 1 番 15 号 石川島

播磨重工業株式会社技術研究所内

(74) 代理人 100104329

弁理士 原田 卓治 (外 1 名)

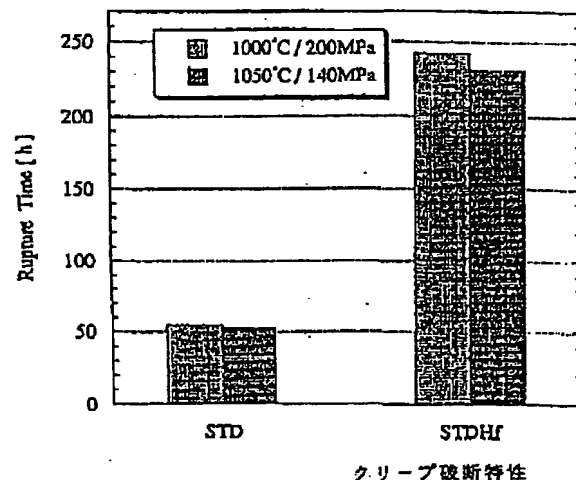
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ニッケル基単結晶超合金

(57) 【要約】

【課題】 これまで強化元素として多量に添加された例のないハフニウムを多量に添加することで融点を上昇し、クリープラプチャー強度など耐熱性の向上を図ることができるニッケル基単結晶超合金を提供すること。

【解決手段】 レニウム：2～7重量%と、モリブデン：0.5～5.0重量%と、タングステン：2.0～6.0重量%と、クロム：0～5.0重量%と、アルミニウム：3.0～6.0重量%と、タンタル：3.0～8.0重量%と、ハフニウム：0～5.0重量%と、残部のニッケルおよび偶発的不純物とからなる。これによれば、ハフニウムを0～5.0重量%の範囲、特に0.15～5.0重量%の多量の添加によって融点が上昇するとともに、固溶強化が図られ、クリープラプチャー強度など耐熱特性の向上を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】レニウム：2～7重量%と、モリブデン：0.5～5.0重量%と、タングステン：2.0～6.0重量%と、クロム：0～5.0重量%と、アルミニウム：3.0～6.0重量%と、タンタル：3.0～8.0重量%と、ハフニウム：0～5.0重量%と、残部のニッケルおよび偶発的不純物とからなることを特徴とするニッケル基単結晶超合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はニッケル基単結晶超合金に関し、ハフニウムを添加して耐熱性の向上を図るようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】高温度に対する耐熱性が要求されるガスタービンエンジンのタービンブレードやペーンなどのに使用される材料として、従来からニッケル基超合金が知られている。

【0003】このニッケル基単結晶超合金としては、従来、第1世代としてタングステン、モリブデン、タンタルなどの重元素を添加して粒内強度を向上させたものが開発され、さらに第2世代のニッケル基単結晶超合金としてレニウムを2.8～3.2重量%添加することにより、第1世代のものに比べ約25℃高い温度で使用可能なものが開発され、米国キャノン・ムスケゴン社のCMSX-4合金として商業的に知られている。

【0004】また、第2世代のニッケル基単結晶超合金よりさらに優れた第3世代のものの開発が行われており、特開平7-138683号公報には、耐火性元素であるタングステン+レニウム+モリブデン+タンタルの含有総量をより多くすることで機械的性質を改善したニッケル基単結晶超合金が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、ガスタービンエンジンの性能向上には、構成部材の耐熱温度に対する一層の性能向上が不可欠であり、特に、耐熱性に関する性質の1つであるクリープラプチャー強度の一層の向上が課題となっている。

【0006】この発明はかかる従来技術の有する課題を解決するためになされたもので、これまで強化元素として多量に添加された例のないハフニウムを多量に添加することで融点を上昇し、クリープラプチャー強度など耐熱性の向上を図ることができるニッケル基単結晶超合金を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】ニッケル基単結晶超合金は、ニッケルからなるマトリックスである γ 相と、合金元素の金属間化合物からなる γ' 相(Ni₃(Al, Ti))とで構成されている。

【0008】このようなニッケル基単結晶超合金を構成

する γ' 相の金属間化合物単体の研究で、これまで鑄型との反応が生じるなどのため、添加が嫌われているハフニウムを添加することで、 γ' 相の高温強度が著しく向上することが分かり、ニッケル基単結晶超合金に多量のハフニウムを添加することで、本願発明を完成したものである。

【0009】すなわち、上記従来技術が有する課題を解決するため、この発明のニッケル基単結晶超合金は、レニウム：2～7重量%と、モリブデン：0.5～5.0重量%と、タングステン：2.0～6.0重量%と、クロム：0～5.0重量%と、アルミニウム：3.0～6.0重量%と、タンタル：3.0～8.0重量%と、ハフニウム：0～5.0重量%と、残部のニッケルおよび偶発的不純物とからなることを特徴とするものである。

【0010】このニッケル基単結晶超合金によれば、ハフニウムを0～5.0重量%の範囲、特に0.15～5.0重量%の多量の添加によって融点が増加するとともに、固溶強化が図られ、クリープラプチャー強度など耐熱特性の向上を図ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、この発明のニッケル基単結晶超合金の一実施の形態について詳細に説明する。

【0012】このニッケル基単結晶超合金は、レニウム：2～7重量%と、モリブデン：0.5～5.0重量%と、タングステン：2.0～6.0重量%と、クロム：0～5.0重量%と、アルミニウム：3.0～6.0重量%と、タンタル：3.0～8.0重量%と、ハフニウム：0～5.0重量%と、残部のニッケルおよび偶発的不純物とからなるものである。

【0013】このニッケル基単結晶超合金の添加元素のそれぞれについて説明すると、まず、レニウムは、2～7重量%含有される。このレニウムの添加により、固溶強化がなされるとともに、溶融開始温度を高めるのに効果がある。

【0014】モリブデンは0.5～5.0重量%含有される。このモリブデンの添加により固溶強化がなされるが、レニウムほど効果的ではない。

【0015】タングステンは2.0～6.0重量%含有される。このタングステンの添加により、固溶強化がなされるとともに、 γ' 一次相の強化に寄与する。また、合金の溶融開始温度を高めるのに効果がある。

【0016】クロムは任意添加元素であり、0～5.0重量%含有される。このクロムの添加により、耐高温腐蝕性の向上に寄与する。

【0017】アルミニウムは3.0～6.0重量%含有される。このアルミニウムは γ' 一次相を構成する主要な元素であり、このアルミニウムの添加により、耐酸化性および析出強化がなされる。

【0018】タンタルは3.0～8.0重量%含有され

る。このタンタルの添加により、固溶強化がなされる。

【0019】ハフニウムは0.05～5.0重量%含有され、好ましくは0.15～5.0重量%である。このハフニウムは、これまでのニッケル基単結晶超合金に比べて多量に添加され、この多量の添加によって固溶強化が図られる。

【0020】このハフニウムは、一方向凝固合金で凝固完了後の冷却過程で生じる粒界割れを防ぐ目的で添加されており、 γ' 相そのものへの何からかの強化がなされると考えられるものである。

【0021】このニッケル基単結晶超合金の添加元素の残りの部分は、ニッケルおよび偶発的不純物からなる。この偶発的不純物は工業的製造過程で入り込むものであり、その混入量は極力抑えるべきものである。

【0022】このような添加元素からなるニッケル基単結晶超合金は、予め目標組成に溶製したメルティング・ストックを用い、これを鋳型で単結晶化すること等で得ることができ、得られた単結晶化後の成分分析結果も目標組成通りのものが得られることを確認している。また、この単結晶化には、工業レベルの大型炉を用いて試作したが、単結晶化および鋳造性について、特に試作上の問題を生じることとはなかった。

【0023】こうして得られるニッケル基単結晶超合金は、モリブデン、レニウム、タングステンなどが多く固溶していること、特に単結晶化はデンドライト凝固範囲で温度勾配、凝固速度を制御するため、凝固偏析が避けられないこと、また、固液界面における偏析係数には合金元素によって差異があり、デンドライト内および最終凝固部周辺で顕著な濃度勾配が生じることから、成分元素の拡散を利用しながら適切な昇温速度の設定、あるいは保持時間設定による溶体化を多段階で施して最高温度での溶体化処理が行われる。例えば、鋳造のままの単結晶材で、昇温・降温速度を20℃/minとし、最高温度での溶体化処理条件を1340℃、3時間に設定すれば良い。

【0024】また、溶体化処理後、必要に応じて時効処理*

*理が行われる。例えば、上記溶体化処理後、1080℃、4時間の時効処理を行う。

【0025】このようなニッケル基単結晶超合金では、600～1000℃での高温引張試験において、ハフニウムを添加しないものに比べ、改善効果が著しく、1000℃/200MPa及び1050℃/140MPaのクリープ破断試験においてもハフニウム添加による著しい効果が認められた。

【0026】また、ヤング率の測定においては第2世代のニッケル基単結晶超合金と同程度の値であった。

【0027】以上のように、このニッケル基単結晶超合金によれば、ハフニウムの多量添加によって、固溶強化が図られ、融点が上昇するとともに、クリープラプチャ一強度など耐熱特性の向上を図ることができる。

【0028】したがって、このニッケル基単結晶超合金を高温度に対する耐熱性が要求されるガスタービンエンジンのタービンブレードやペーンなどの材料として使用することで、一層の性能向上を図ることができる。

【0029】

【実施例】以下、この発明のニッケル基単結晶超合金の一実施例について、比較例とともに説明するが、この発明はこれら実施例に何等限定されるものではない。

【0030】この発明のニッケル基単結晶超合金として表1に示す目標組成の実施例(STDHf)と、比較のためハフニウムが添加されていない以外に同一目標組成のものを比較例(STD)として用意した。

【0031】実施例(STDHf)及び比較例(STD)それぞれの超合金について予め溶製した10kgのメルティング・ストックを用い、13mmφ×100mmの丸棒の鋳型で単結晶化を行った。

【0032】そして、単結晶化後の化学成分について分析し、表1に示すように、ほぼ目標通りの化学成分であることを確認した。

【0033】

【表1】

合金の化学成分(wt%)

合金番号		C	Mo	W	Ta	Re	Ti	Al	Si	Hf	Ni
STD	目標値	<0.01	1.00	<4.80	6.00	<6.00	0.50	5.30			Bal.
	分析値	0.006	1.04	4.28	6.52	5.38	0.56	5.49			Bal.
STDHf	目標値	<0.01	1.00	<4.80	6.00	<6.00	0.50	5.30		2.00	Bal.
	分析値	0.007	1.01	4.66	6.17	5.90	0.52	5.38		1.92	Bal.

【0034】こうして得られた鋳造のままの単結晶材について、示差熱分析を利用した溶体化処理温度の推定を行い、その結果として比較例の場合を図1に示すように、昇温、降温速度をいずれも20℃/minとした。

【0035】また、鋳造のままの単結晶材のミクロ組織を観察した結果、図示省略したが、凝固偏析を示し、デンドライトコアが明瞭に認められた。

【0036】そして、最高温度での溶体化処理条件

を、示差熱分析結果、ミクロ組織の観察結果などに鑑み、1340℃、3時間に設定した。

【0037】この結果、図示省略したが、共晶 γ/γ' が完全に固溶した良好な溶体化組織が得られた。

【0038】なお、実施例のハフニウム添加材では、最高温度での溶体化処理を完了するまでの過程で、一部の試料については、部分溶解するものが見られた。

【0039】さらに、この溶体化処理後、1080℃、4時間の時効処理を行った。

【0040】こうして得られた実施例と比較例について、特性評価のため、高温引張試験、クリーブ破断試験およびヤング率の測定試験を行った。

【0041】高温引張試験の結果を示したものが図2であり、同図から明らかなように、600～1000℃までの範囲において、比較例に比べてハフニウム添加の実施例の高温引張特性が著しく改善されることが分かる。

【0042】また、1000℃/200MPa及び1050℃/140MPaのクリーブ破断試験結果を示したものが図3であり、同図から明らかなように、比較例に比べてハフニウム添加の実施例のクリーブ破断時間が著しく改善され、4～4.6倍にも改善されている。

【0043】これら高温引張試験およびクリーブ破断試験結果から、粒界が存在しない単結晶合金においても、ハフニウムの添加により高温特性の改善が認められたことから、ハフニウム添加が γ' 相そのものの強化に寄与している可能性が高いと推察される。

【0044】ヤング率の測定試験として、室温(RT)、900、1000、1100℃のヤング率を測定し、その結果を図4に示した。

【0045】なお、ヤング率の測定は、厚さ2mm、幅1×30

*0mm、長さ100mmの試料を用い、真空理工製の内部摩擦測定装置で共振法により求めた。

【0046】この結果、比較例と実施例のヤング率がほぼ同等であり、その絶対値も第2世代のニッケル基単結晶超合金の値と比較して室温においては低めの値を示すが、600～1100℃の範囲ではむしろ高い値を示した。

【0047】

【発明の効果】以上、一実施の形態とともに具体的に説明したように、この発明のニッケル基単結晶超合金によれば、ハフニウムを0～5.0重量%の範囲、特に0.15～5.0重量%の多量の添加によって融点が上昇するとともに、固溶強化が図られ、クリープ強度など耐熱特性の向上を図ることができる。

【0048】したがって、このニッケル基単結晶超合金を高温度に対する耐熱性が要求されるガスタービンエンジンのタービンブレードやペーンなどの材料として使用することで、一層の性能向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ハフニウムを添加しない比較例のニッケル基単結晶超合金の示差熱分析結果を示すグラフである。

【図2】この発明のニッケル基単結晶超合金の一実施例の高温引張試験結果を示すグラフである。

【図3】この発明のニッケル基単結晶超合金の一実施例のクリーブ破断試験結果を示すグラフである。

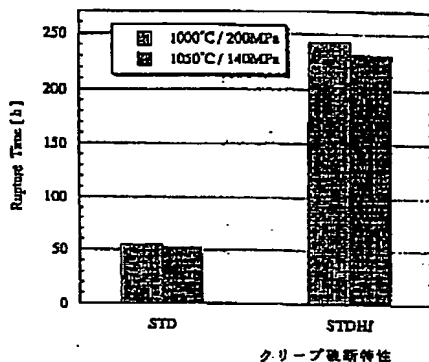
【図4】この発明のニッケル基単結晶超合金の一実施例のヤング率測定試験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

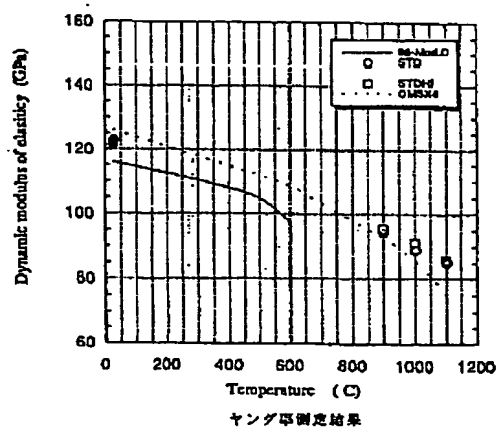
STDHf 実施例（ハフニウム添加）

STD 比較例（ハフニウム添加せず）

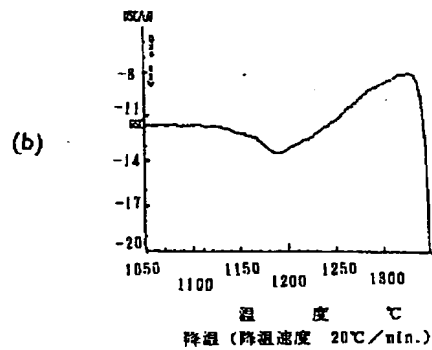
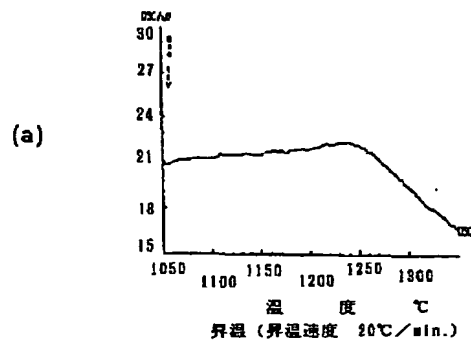
【図3】



【図4】

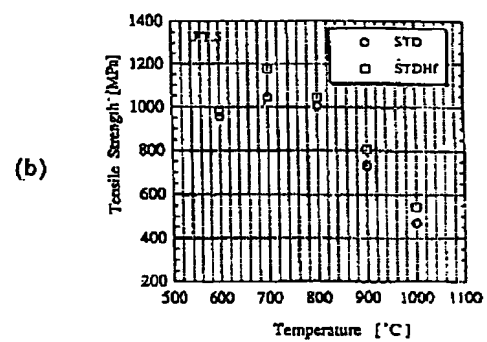
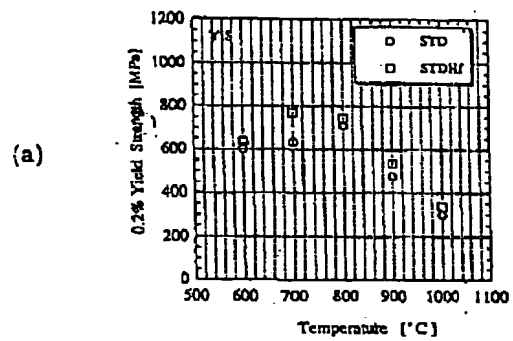


【図1】



示差熱分析結果

【図2】



高温引張試験結果

フロントページの続き

(72)発明者 正木 彰樹
東京都田無市向台町三丁目5番1号 石川
島播磨重工業株式会社田無工場内

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA08 CD10 HA20

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.